

ADAMS & WILKS

ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW  
50 BROADWAY  
31st FLOOR  
NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS  
VAN C. WILKS



JOHN R. BENEFIEL  
PAUL R. HOFFMAN  
TAKESHI NISHIDA  
FRANCO S. DE LIGUORI

\* NOT ADMITTED IN NEW YORK  
\* REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART  
(1924-1993)

TELEPHONE  
(212) 809-3700

FACSIMILE  
(212) 809-3704

COMMISSIONER FOR PATENTS  
Washington, DC 20231

**Re: Patent Application of** Manabu OUMI et al.  
Serial No. 09/997,484 **Filing Date:** November 21, 2001  
Examiner: David N. Spector Group Art Unit: 2873  
Docket No. S004-4470

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

1. Japanese Patent Appln. No. 2000-355972	filed November 22, 2000
2. Japanese Patent Appln. No. 2000-367560	filed December 1, 2000
3. Japanese Patent Appln. No. 2000-373307	filed December 7, 2000
4. Japanese Patent Appln. No. 2000-377253	filed December 12, 2000
5. Japanese Patent Appln. No. 2000-377254	filed December 12, 2000
6. Japanese Patent Appln. No.	filed
7. Japanese Patent Appln. No.	filed
8. Japanese Patent Appln. No.	filed
9. Japanese Patent Appln. No.	filed
10. Japanese Patent Appln. No.	filed
11. Japanese Patent Appln. No.	filed

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

Kelly Eric Bowman

Name

  
Signature

November 5, 2004

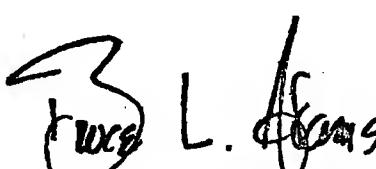
Date

BLA:  
Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS  
Attorneys for Applicant(s)

By:

  
Bruce L. Adams  
Reg. No. 25,386

~~PART B - FEE(S) TRANSMITTAL~~  
PAGE 2

**ADDITIONAL ATTACHMENTS**

TRANSMITTAL LETTER (WITH MAILING CERTIFICATE) and CERTIFIED COPY OF JAPANESE PATENT APPLICATION NUMBERS 2000-355972, 2000-367560, 2000-373307, 2000-377253, 2000-377254.

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月22日

出願番号

Application Number:

特願2000-355972

出願人

Applicant(s):

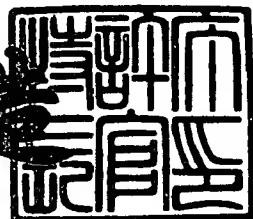
セイコーアイヌツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕三



出証番号 出証特2001-3071241

【書類名】 特許願  
【整理番号】 00000579  
【提出日】 平成12年11月22日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G02B 6/00  
G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 前田 英孝

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ  
アイ・アールディセンター内

【氏名】 篠原 陽子

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学的な開口の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、

前記チップと、

前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと

少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆い、

前記遮光膜の材質よりも硬い材質から成る押し込み体を、

前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法。

【請求項2】 前記押し込み体が前記チップの材質よりも柔らかい材質から成ることを特徴とする請求項1に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項3】 前記押し込み体が、前記チップおよび前記ストッパーに接触する部分が略平面であることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項4】 前記押し込み体のうち前記チップ先端の略上方に当たる部分に、前記力が作用するように、前記力を作用させる位置を調整する方法を含むことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項5】 前記力を作用させる位置を調整する方法が、前記押し込み体に設けられた位置合わせマークを利用するものであることを特徴とする請求項4に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項6】 前記押し込み体が、光学的に透明な材質から成ることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項7】 前記押し込み体が多数あり、柔軟な構造体によって互いに接続されていることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項8】 前記押し込み体のうち、前記チップに対向する面に突起が形成されていることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光学的な開口の作製方法に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】

そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0004】

近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口の大きさ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口の大きさとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

## 【0005】

顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通じて試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

## 【0006】

これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特公平5-21201に開示されている方法が知られている。特公平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

## 【0007】

また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム（FIB）によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特公平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか開口を形成する事ができない。また、特公平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるよう調整する時間がかかってしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエー

タの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

## 【0009】

また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならぬ。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、  
錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、  
前記チップと、  
前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと

少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、  
少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆い、  
前記遮光膜の材質よりも硬い材質から成る押し込み体を、  
前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

## 【0011】

したがって、本発明の光学的な開口の作製方法によれば、前記チップと略同じ高さを有するストッパーによって、前記平面の変位が制御されるため、所定の力で平面を押すだけで簡単に光学的な開口を作製する事ができる。また、真空中、液中、大気中など様々な環境下で開口を作製することができる。また、光学的な開口を作製する際に特別な制御装置を必要としないため、光学的な開口を作製す

るための装置を単純化する事ができる。また、所定の力を与える時間を非常に短くすることが容易であり、開口作製にかかる時間を短くすることができるため、開口作製にかかるコストを低くすることができる。

#### 【0012】

また、前記押し込み体が前記チップの材質よりも柔らかい材質から成ることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

#### 【0013】

したがって、前記押し込み体が前記遮光膜を除去するときに前記チップ先端は変形せず、結果として開口内にチップ先端が突出した構造の開口を作製することができる。

#### 【0014】

また、前記押し込み体が、前記チップおよび前記ストッパーに接触する部分が略平面であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

#### 【0015】

したがって、前記押し込み量がチップ高さとストッパー高さの差にのみ依存して決まるため、一定のサイズの開口を安定して作製することができる。

#### 【0016】

また、前記押し込み体のうち前記チップ先端の略上方に当たる部分に、前記力が作用するように、前記力を作用させる位置を調整する方法を含むことを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

#### 【0017】

したがって、常にチップ先端に制御されて力が作用するため、所望のサイズの光学的な開口を安定して作製することができる。

#### 【0018】

また、前記力を作用させる位置を調整する方法が、前記押し込み体に設けられた位置合わせマークを利用するものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

#### 【0019】

したがって、力を作用させる位置を簡単に決めることができ、光学的な開口の

作製が低成本で行える。

【0020】

また、前記押し込み体が、光学的に透明な材質から成ることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0021】

したがって、押し込み体に力を加えるときに、押し込み体の下方にあるチップの位置を確認することができ、常にチップ先端に同一の力が作用するために、一定サイズの開口を安定して作製することができる。

【0022】

また、前記押し込み体が多数あり、柔軟な構造体によって互いに接続されていることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0023】

したがって、チップが形成されている基板がたわんでいても、押し込み体がチップとストッパーに密着した姿勢で力を加えられることができ、一定サイズの開口を安定して作製することができる。

【0024】

また、前記押し込み体のうち、前記チップに対向する面に突起が形成されていることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0025】

したがって、前記チップと前記ストッパーの高さに大きな差が有る場合でも、チップに押し込み体が接触することができ、安定したサイズおよび形状の光学的開口を作製することができる。さらに、基板上の単位面積あたりに集積度を高くしてチップとストッパーを形成した場合でも、押し込み体の突起がチップ先端に接触することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態1)

図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。図1に示す、ワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状のチップ1および尾根状のストッパー2、チップ1、ストッパー2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、チップ1、ストッパー2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、チップ1にだけ堆積されていてもよい。

#### 【0027】

チップ1の高さH1は、数mm以下であり、ストッパー2の高さH2は、数mm以下である。高さH1と高さH2の差は、1000nm以下である。チップ1とストッパー2の間隔は、数mm以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

#### 【0028】

チップ1、ストッパー2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、チップ1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでもチップ1を透過する材料であれば用いることができる。また、チップ1、ストッパー2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンガステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

#### 【0029】

図2は、開口を形成する方法において、チップ1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。図1で示したワーク1000の上に、チップ1および少なくともストッパー2の一部を覆い、かつ、少なくともチップ1およびストッパー2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には、押し込み用具7を載せる。このとき、板6は透明なガラスを用いた。板6を載せた後でも顕微鏡あるいは目視によってチップ1の位置を確認することができる。本実施の形態にお

いては顕微鏡によって2方向からチップ1と押し込み用具7の位置を確認し、押し込み用具7がチップ1の真上に配置されるようにした。押し込み用具7にチップ1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6がチップ1に向かって移動する。チップ1と板6との接触面積に比べて、ストッパー2と板6との接触面積は、数百～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、ストッパー2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、チップ1およびストッパー2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも硬く、チップ1およびストッパー2よりも柔らかい材料である場合、チップ1およびストッパー2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

#### 【0030】

図3は、力Fを加えた後に、板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、チップ1およびストッパー2が弾性変形領域でのみ変位しているため、チップ1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数nmからチップ1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できる。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッティングすることによって透明体5またはチップ1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができる。

#### 【0031】

以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、ストッパー2によって板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さく

できるため、大きさが均一で小さな開口8をチップ1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

#### 【0032】

次に、ワーク1000の製造方法を図4から図6を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピンドルコートによって基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、チップ用マスク101及びストッパー用マスク102を形成する。チップ用マスク101とストッパー用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

#### 【0033】

チップ用マスク101およびストッパー用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや塗膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

#### 【0034】

チップ用マスク101の直径は、たとえば数mm以下である。ストッパー用マスク102の幅W1は、たとえば、チップ用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数μmだけ小さい。また、ストッパー用マスク102の幅W1は、チップ用マスク101の直径よりも数10nm～数μmだけ大きくてよい。また、ストッパー用マスク102の長さは、数10μm以上である。

#### 【0035】

図5は、チップ1およびストッパー2を形成した状態を示している。図5(a)

) は上面図であり、図5 (b) は、図5 (a) のA-A' で示す位置の断面図である。チップ用マスク101およびストッパー用マスク102を形成した後、ウエットエッティングによる等方性エッティングによってチップ1およびストッパー2を形成する。透明材料103の厚さとチップ1およびストッパー2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。チップ1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3をチップ1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、チップ1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000のチップが形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、チップ1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、チップ1上にだけ遮光膜3を形成する事ができる。

#### 【0036】

図7および図8は、上記で説明したワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、チップ用マスク101の直径が、ストッパー用マスク102の幅よりも小さい場合について説明する。図7は、図5 (a) で説明した工程において、チップ1とストッパー2だけを示した図であり、図8は、図7中B-B' で示す位置のチップ1と、図7中C-C' で示す位置のストッパー2の断面図である。

#### 【0037】

図8 (a) は、チップ1がちょうど形成された状態を示した図である。ストッパー用マスク102の幅は、チップ用マスク101の直径よりも大きいため、図8 (a) の状態では、ストッパー2の上面には、平らな部分が残り、この平らな部分上にストッパー用マスク102が残っている。しかしながら、チップ用マスク101は、チップ1との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図8 (a) の状態では、チップ1の高さH11とストッパー2の高さH22は、同じである。

#### 【0038】

図8 (b) は、図8 (a) の状態からさらにエッティングを進め、ストッパー2上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図8 (a) の状態からさらにエッティングを行うと、チップ用マスク101が無いチップ1の高さH111は、徐々に低くなっていく。一方、ストッパー用マスクが残っているストッパー2の高さH222は、H22と同じままである。ストッパー2の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図8 (b) に示すように、三角形になる。このときのチップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ は、チップ用マスク101の直径とストッパー用マスク102の幅の差、および、チップ1とストッパー2の先端角によって異なるが、およそ1000nm以下程度である。

#### 【0039】

図8 (c) は、図8 (b) の状態からさらにエッティングを進めた状態を示している。チップ1の高さH1111は、高さH111よりも低くなる。同様に、ストッパーH2222の高さも、高さH222よりも小さくなる。しかし、高さH1111と高さH2222の減少量は、同じであるため、チップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ は、変化しない。なお、ストッパー用マスク102の幅が、チップ用マスク101よりも小さい場合は、チップ1とストッパー2の高さの関係が逆になるだけである。また、チップ用マスク101とストッパー用マスク102が等しい場合は、チップ1とストッパー2の高さが等しくなる。

#### 【0040】

本発明のワーク1000の作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によってチップ1とストッパー2の高さの差 $\Delta H$ を良好に制御することができる。したがって、図1から図3で説明した開口作製方法において、板6の変位量を良好に制御することができる。

#### 【0041】

以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、チップ1とストッパー2の高さを良好に制御することができ、かつ、ストッパー2を設けることによって板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8をチップ1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだ

けで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

#### 【0042】

また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

#### （実施の形態2）

図9に本発明の実施の形態2に係る方法で作製したチップ先端形状を示す。実施の形態1との違いは、板6の材質を、チップ1の材質と比較して硬いものにした場合と柔らかいものにした場合を実施した点であり、その他の工程については実施の形態1と同一であるので説明を略す。図9（a）は板6の材質がチップ1の材質よりも硬い場合に作製されるチップ先端形状、図9（b）は板6の材質がチップ1の材質よりも柔らかい場合に作製されるチップの先端形状である。（a）ではチップ先端が平坦になっていて、これを近視野光プローブとして近視野光顕微鏡あるいは近視野光データストレージ装置に利用した場合には、光学的開口

を試料表面あるいは記録媒体表面に非常に近接させることができ。これにより、より強い近視野光相互作用を起こさせることができ、高いS/N比あるいは高速データ転送が可能となる。また、試料表面あるいは記録媒体表面に導電性物質が存在している場合には、チップ1先端での遮光膜3の切れ目との相互作用が増強されることで、さらに強い近視野光相互作用となる。一方(b)の場合は、チップ先端に突出部11がある。近視野光は開口内に微小構造が存在するときにはその構造サイズに依存した解像度が得られるが、(b)のように突出部11があると、顕微鏡では解像度、データストレージ装置ではデータ記録密度の向上をもたらす。このように、板6の材質を変えることで、所望の形状のチップを簡単に作製することができる。

#### (実施の形態3)

図10と図11は本発明の実施の形態3に係る光学的な開口の作製方法を説明する図である。図10は多数のチップ1とストッパー2が配列して形成されたウェハの一部の上面図である。実施の形態1との違いは板6の代わりに図11に示す板12を用いて開口を作製する点であり、その他については同一であるので説明を略す。図11に示す板12は、図10に示すウェハとほぼ同じサイズである、ガラス板である。これにはあらかじめ、位置決め線13が印刷されており、縦横線の交点が図10のチップ1の先端の真上に配置される。この板12をウェハの上に載せ、押し込み用具(図示略)を位置決め線13の交点の上に載せて上から衝撃を与えることで、チップ1の先端に光学的開口を作製する。

#### 【0043】

これにより、押し込み用具の位置合わせが容易になり、また、板12として透明でない材質、たとえば金属を用いたとしても正確にチップ1の先端に一定のサイズの光学的開口を作製することができる。

#### (実施の形態4)

図12は本発明の実施の形態4に係る光学的な開口の作製方法で使われる押し込み板付きシート14を示す。シート14はポリエチレンから成る薄いシート15にガラスから成る板16が接着されている。板16の大きさは本実施の形態においては2mm角の正方形であるが、数百μmから数cmまでの適当なサイズで

あればよい。実施の形態1との違いは板6の代わりに押し込み板付きシート14を用いる点である。この押し込み板付きシートを、チップ1が形成されたウェハ(図示略)の上に載せ、押し込み用具(図示略)を用いてチップ1の先端に光学的な開口を作製する。ウェハは図1に示すようにシリコン基板に二酸化ケイ素などを積層しているために、完全な平面にはならず反りを持つ。本実施の形態においては柔らかい構造を持つシートに板を接着しているものを用いるため、ウェハの反りに沿った形で押し込み板16が配置でき、ウェハのどの場所においても同一の力でチップ先端に圧力がかかる。これにより極めて均一なサイズの光学的な開口が安定的に作製できる。

#### (実施の形態5)

図13は本発明の実施の形態5に係る光学的な開口の作製方法において、チップ1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。実施の形態1との違いは、板6に突起21が形成されている点であり、その他については同一であるので説明を省略する。突起21は数十nmから数十μmまでの適当なサイズにして形成される。このようにすることで、隣り合うストッパー2の距離が短い場合でも突起21によってチップ1先端に塑性変形を起こすことができる。これによって一枚のウェハから、より多数のチップを集積して形成することができる。また、シリコンのエッティングなどの別の方法によってチップとストッパーを形成し、高さにμmオーダーの大きな差がある場合でも、突起21の高さを調整することにより、安定した光学的な開口の作製が可能である。

#### 【0044】

##### 【効果】

チップ1とストッパー2の高さ、および、力Fを制御する事によって、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、簡単に開口8を形成する事ができる。また、チップ1とストッパー2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウェハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成

する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数10秒以下と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図7】

ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図8】

ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図9】

本発明の実施の形態1に係るチップ先端形状を説明した図である。

【図10】

本発明の実施の形態3で用いる、多数のチップとストッパーが形成されたウェハの一部の上面図である。

【図11】

本発明の実施の形態で用いる、板の図である。

【図12】

本発明の実施の形態4に係る光学的な開口の作製方法で使われる押し込み板付きシート14を示す図である。

【図13】

本発明の実施の形態5に係る開口の形成方法について説明した図である。

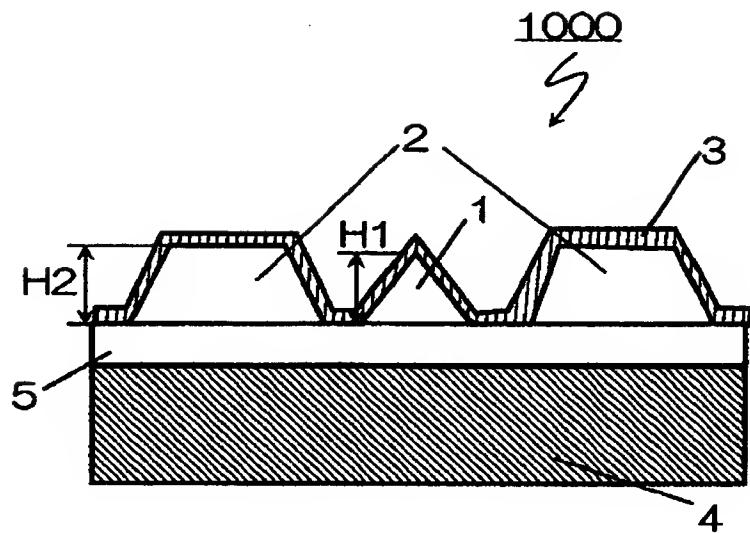
【符号の説明】

- 1 チップ
- 2 ストッパー
- 3 遮光膜
- 4 基板
- 5 透明層
- 6 板
- 7 押し込み用具
- 8 開口
- 11 チップ突出部
- 12 板
- 13 位置決め線
- 14 押し込み板付きシート
- 15 ポリエチレンシート

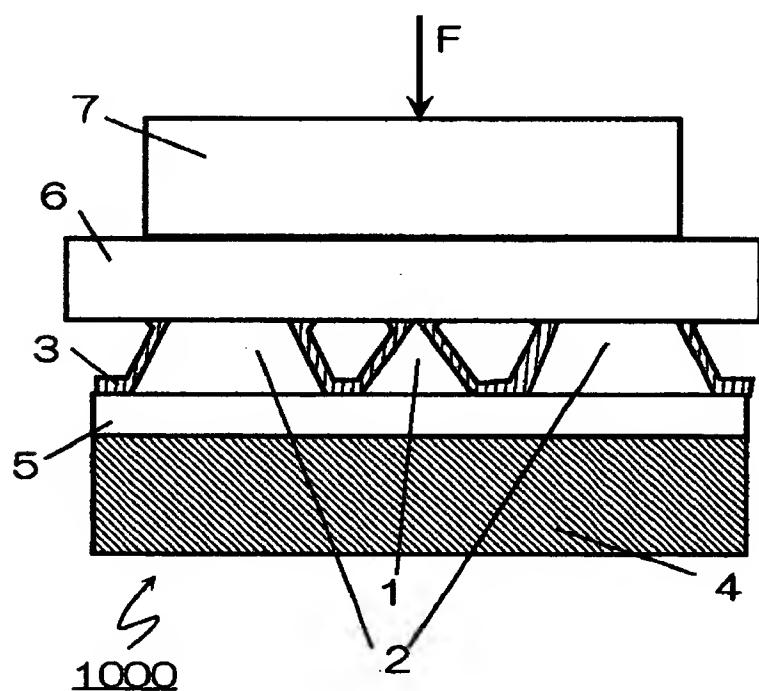
16 ガラス板  
21 突起  
101 チップ用マスク  
102 ストップバー用マスク  
103 透明材料  
104 基板材料  
1000 ワーク  
F 力  
H1 チップの高さ  
H2 ストップバーの高さ

【書類名】 図面

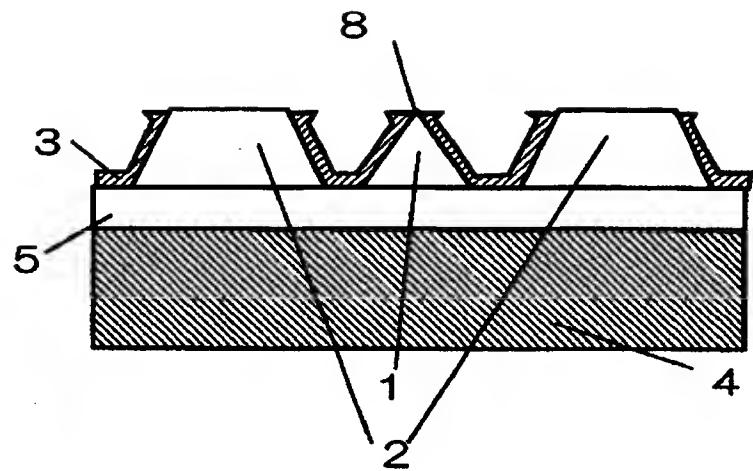
【図1】



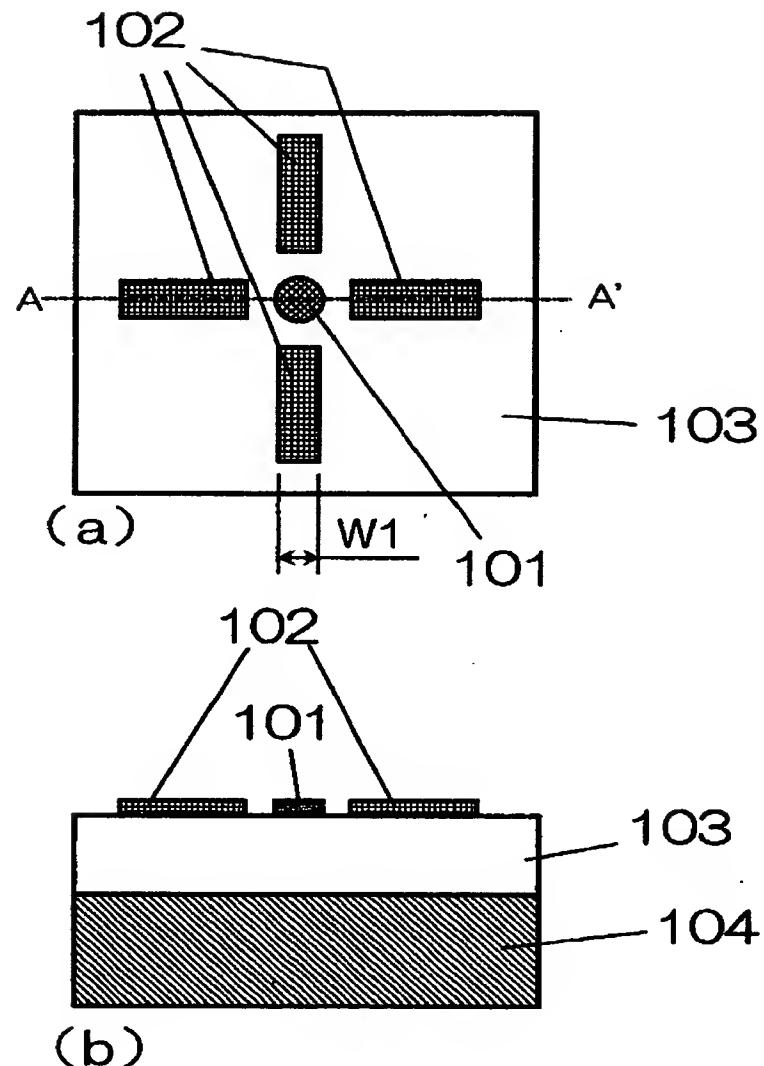
【図2】



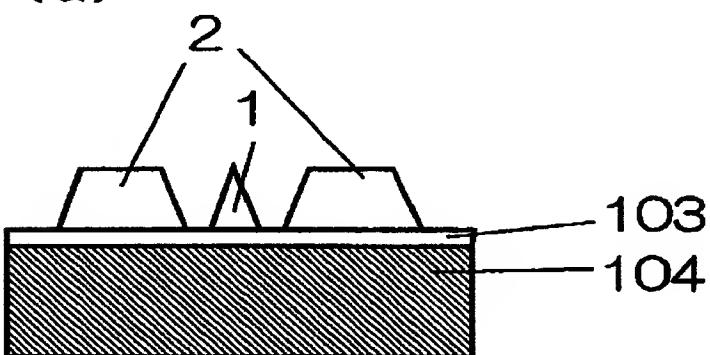
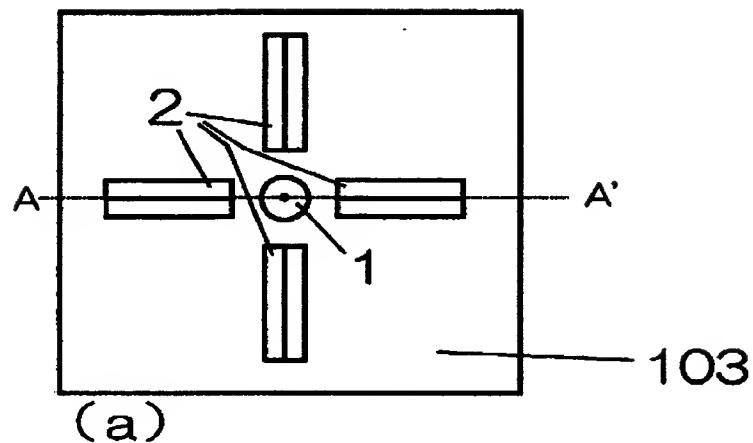
【図3】



【図4】

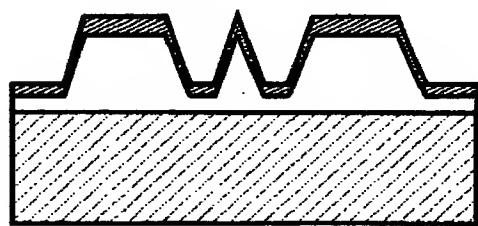


【図5】

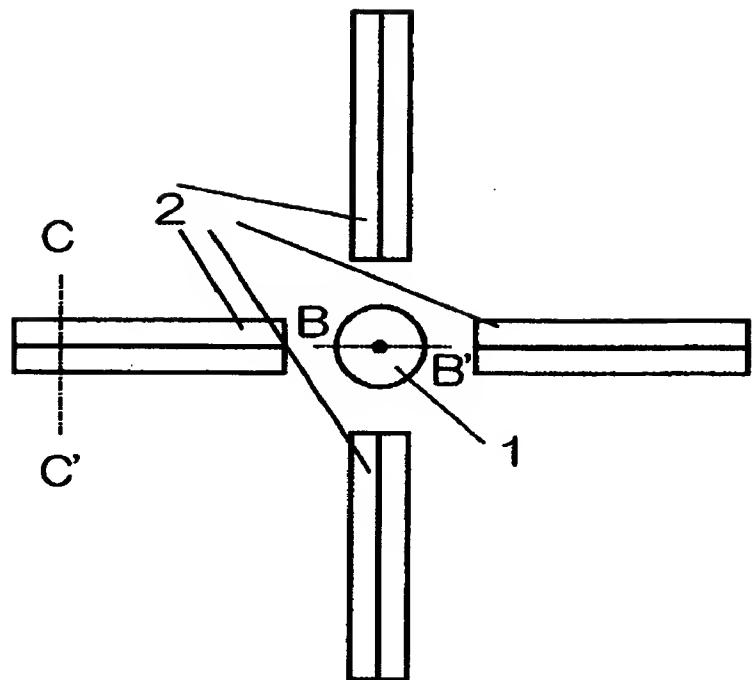


(b)

【図6】

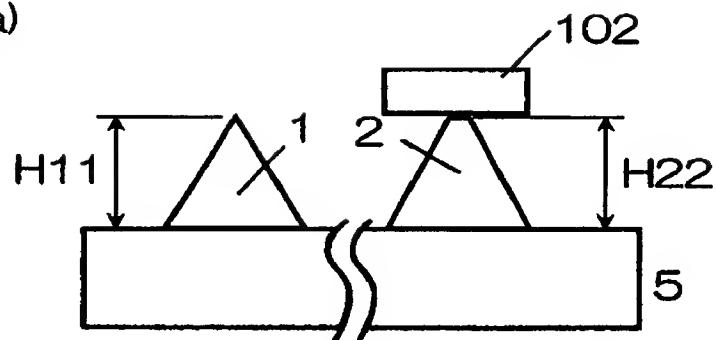


【図7】

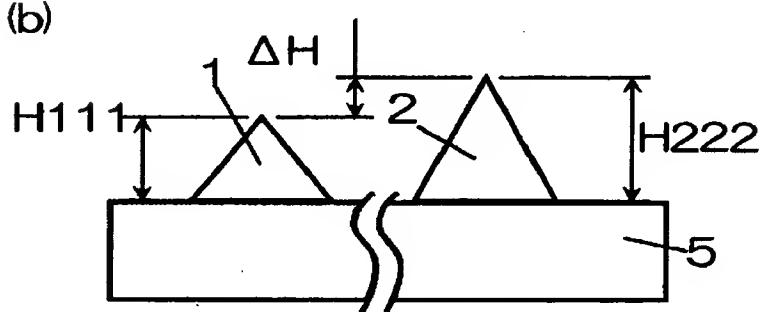


【図8】

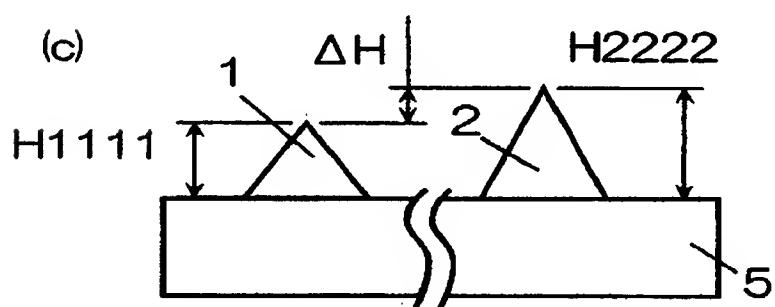
(a)



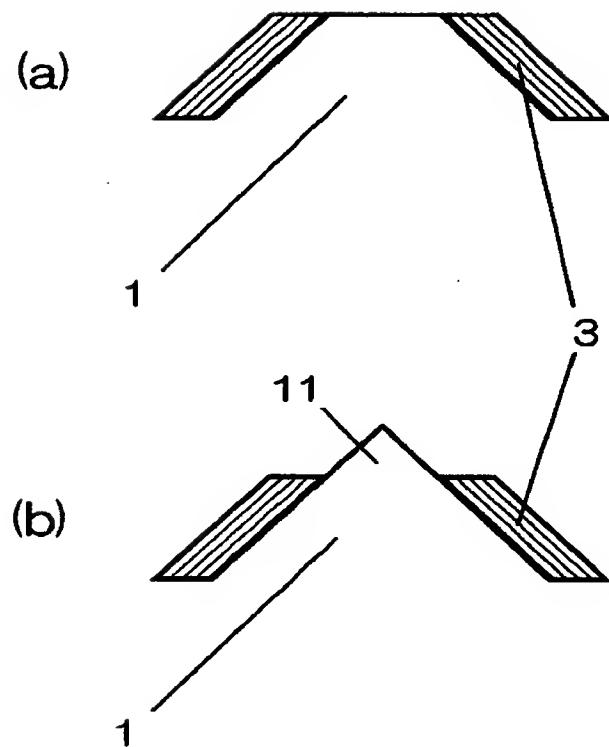
(b)



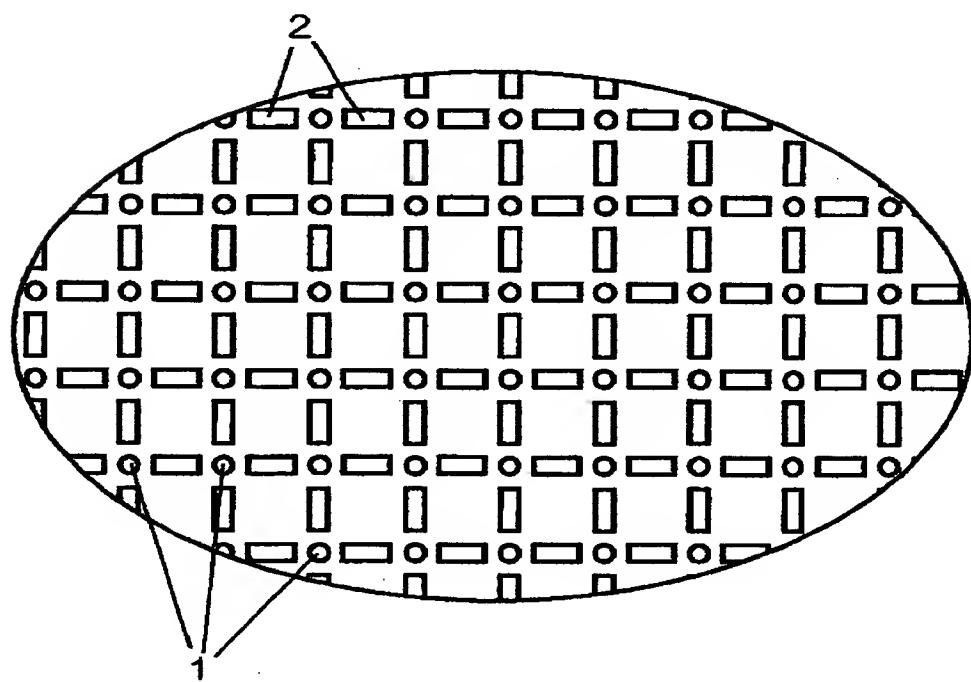
(c)



【図9】

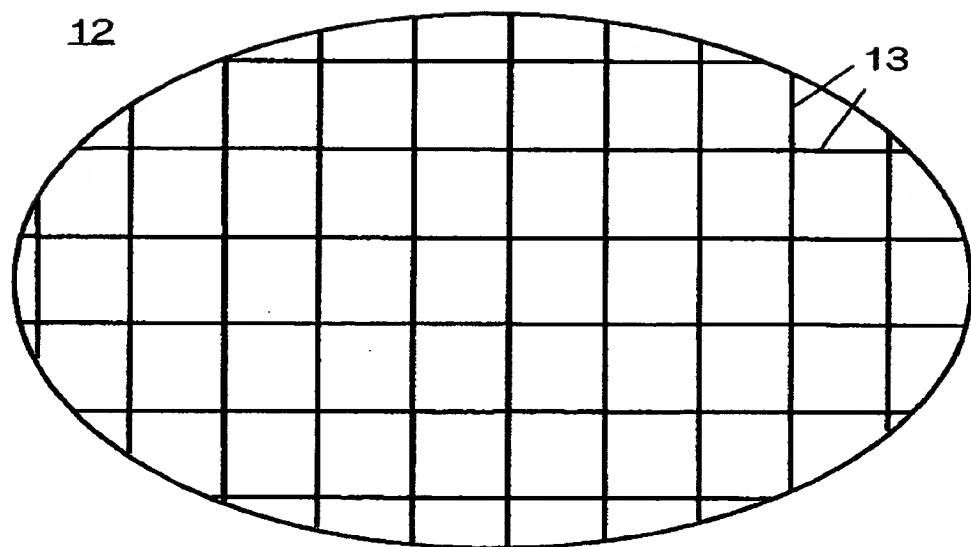


【図10】

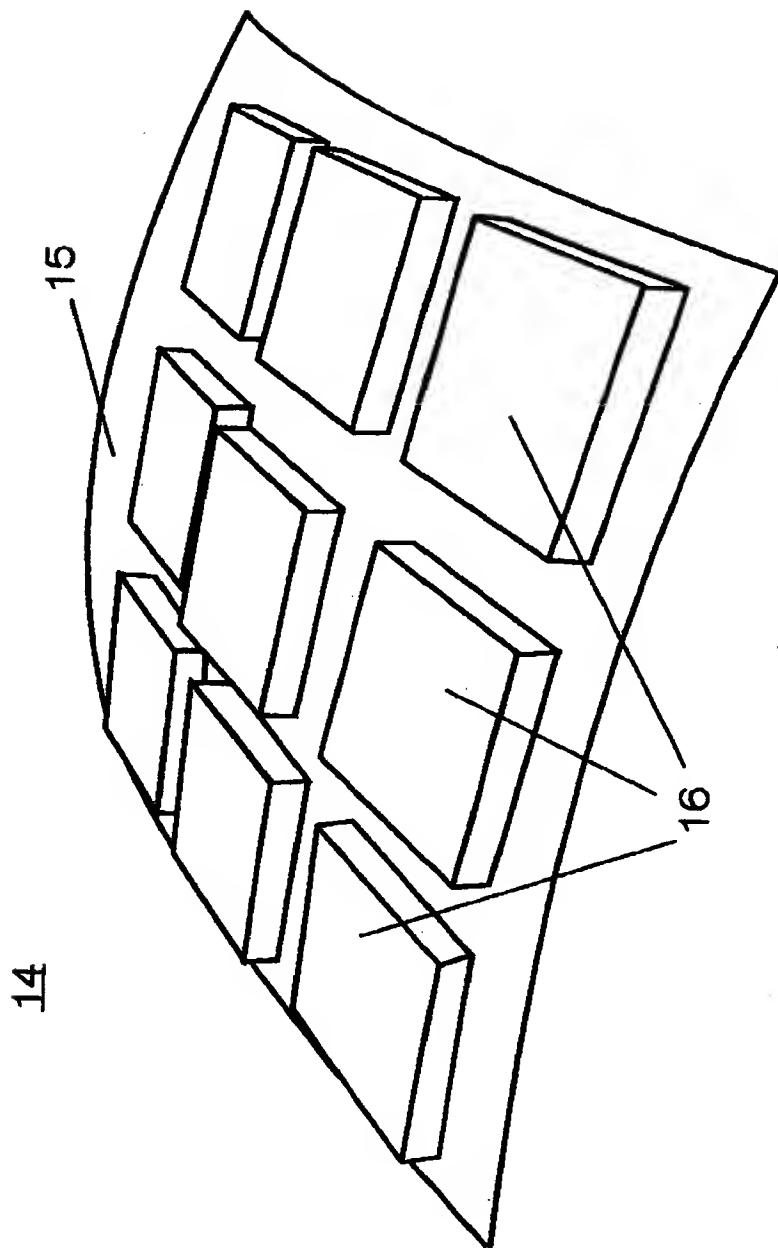


特2000-355972

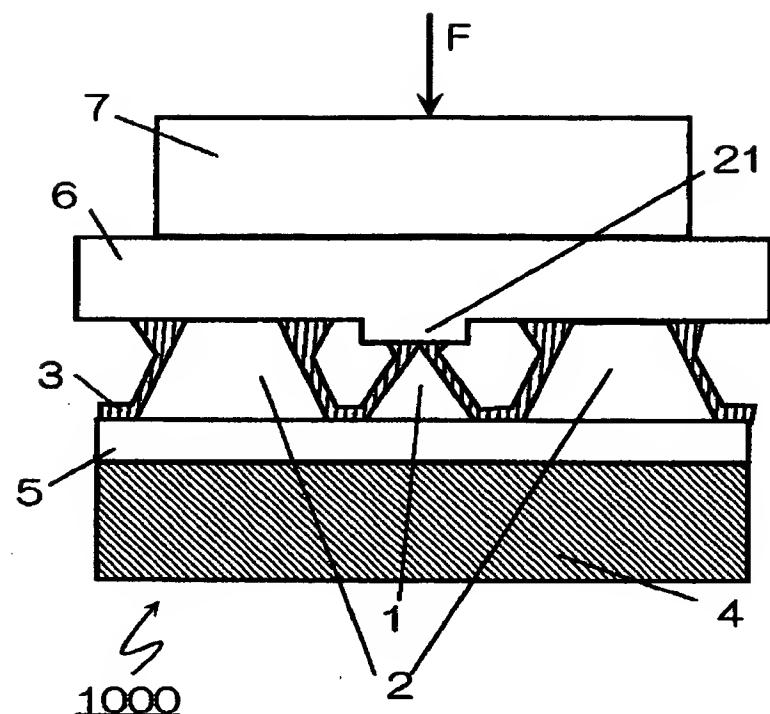
【図11】



【図12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で均一な開口径を有する微小開口を形成する方法を提供することである。

【解決手段】 錐状のチップ1の先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、チップ1と、チップ1の近傍に配置され、チップ1と略同じ高さを有するストッパー2と、チップ1上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、チップ1およびストッパー2を覆い、遮光膜3の材質よりも硬い材質から成る押し込み体6を、チップ1に向かう成分を有する力Fによって変位させることによって、チップ1の先端に光学的な開口を形成する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1995年 4月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地  
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社